

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06215761  
PUBLICATION DATE : 05-08-94

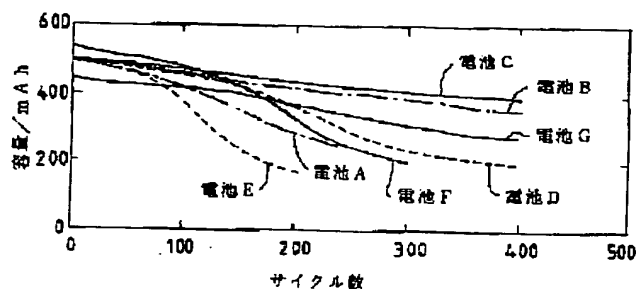
APPLICATION DATE : 21-01-93  
APPLICATION NUMBER : 05008104

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : OTSUKA ATSUSHI;

INT.CL. : H01M 4/02 H01M 4/62 H01M 10/40

TITLE : NONAQUEOUS ELECTROLYTE  
SECONDARY BATTERY GRAPHITE  
ELECTRODE AND NONAQUEOUS  
ELECTROLYTE SECONDARY  
BATTERY USING IT



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a nonaqueous electrolyte secondary battery, having high voltage, a high energy density, and excellent various battery characteristics with a cycle characteristic as a center, by improving the binder of a negative electrode.

CONSTITUTION: This graphite electrode is provided by applying a graphite mixture, in which the mixed dispersant of non-fluorine organic copolymer and fluorine organic copolymer having the subject of butadiene is added as a binder to graphite powder to be made a paste state, to both the surfaces of copper foil to be dried. The solid component in the mixed dispersant is made have a range of 3-7% by weight ratio to the graphite powder.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-215761

(43) 公開日 平成6年(1994)8月5日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 M	4/02	D		
	4/62	Z		
	10/40	Z		

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-8104

(22) 出願日 平成5年(1993)1月21日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 尾崎 義幸

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 中川 洋子

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 大塚 敦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

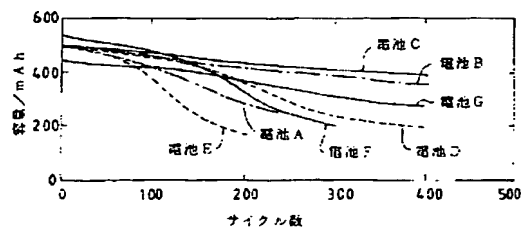
(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 非水電解液二次電池用黒鉛電極およびこれを用いた非水電解液二次電池

(57) 【要約】

【目的】 負極のバインダーの改良によって高電圧、高エネルギー密度を有し、サイクル特性を中心とする電池諸特性に優れた非水電解液二次電池を提供する。

【構成】 黒鉛粉末にバインダーとしてブタジエンを主体とした非フッ素系有機重合体とフッ素系有機重合体の混合分散剤を加え、ペースト状にした黒鉛合剤を銅箔の両面に塗着、乾燥することによって得られたものであって、前記混合分散剤中の固形成分が前記黒鉛粉末に対して重量比で3%~7%の範囲とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 黒鉛粉末にバインダーとしてブタジエンを主体とした非フッ素系有機重合体とフッ素系有機重合体の混合分散剤を加え、ペースト状にした黒鉛合剤を銅箔の両面に塗着、乾燥することによって得られたものであって、前記混合分散剤中の固形成分が前記黒鉛粉末に対して重量比で3%~7%であることを特徴とする非水電解液二次電池用黒鉛電極。

【請求項2】 上記黒鉛粉末が、広角X線回折法による002面の面間隔(d002)が3.36Å~3.40Åである請求項1記載の非水電解液二次電池用黒鉛電極。

【請求項3】 上記非フッ素系有機重合体が、スチレン/ブタジエン共重合体、アクリロニトリル/ブタジエン共重合体、ブタジエン共重合体からなる群から選ばれた少なくとも1つである請求項1または2記載の非水電解液二次電池用黒鉛電極。

【請求項4】 上記フッ素系有機重合体が、四フッ化エチレン重合体、四フッ化エチレン六フッ化プロピレン共重合体からなる群から選ばれた少なくとも1つである請求項1乃至3の何れかに記載の非水電解液二次電池用黒鉛電極。

【請求項5】 上記バインダー中のフッ素系有機重合体の占める割合が、その固形分の比率として重量比で20%~50%である請求項1乃至4の何れかに記載の非水電解液二次電池用黒鉛電極。

【請求項6】 上記請求項1乃至5の何れかに記載の非水電解液二次電池用黒鉛電極からなる負極と、非水電解液と、リチウム含有酸化物からなる正極とを備えた非水電解液二次電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、非水電解液二次電池用黒鉛電極およびこれを用いた非水電解液二次電池に関し、さらに詳しくは小形、軽量で新規な非水電解液二次電池の負極の改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、民生用電子機器のポータブル化、コードレス化が急速に進んでいる。これにつれて駆動用電源を担う小形、軽量で、かつ高エネルギー密度を有する二次電池への要望も高まっている。このような観点から、非水系二次電池、特にリチウム二次電池は、とりわけ高電圧、高エネルギー密度を有する電池としてその期待は大きく、開発が急がれている。

【0003】 従来、リチウム二次電池の正極活物質には、二酸化マンガン、五酸化バナジウム、二硫化チタンなどが用いられていた。これらの正極と、リチウム負極および有機電解液とで電池を構成し、充放電を繰り返していた。ところが、一般に負極にリチウム金属を用いた二次電池では、充電時に生成するデンドライト状リチウ

ムによる内部短絡や活物質と電解液の副反応といった課題が二次電池化への大きな障害となっている。更には、高率充放電特性や過放電特性においても満足するものが見出されていない。

【0004】 また、昨今、リチウム電池の安全性が厳しく指摘されており、負極にリチウム金属あるいはリチウム合金を用いた電池系においては安全性の確保が非常に困難な状態にある。

【0005】 最近になって、層状化合物のインターカレーション反応を利用した新しいタイプの電極活物質が注目を集めており、層間化合物が二次電池の電極材料として考えられている。特に、Liイオンをインターカレート/デインターカレートし得る炭素材料はリチウム二次電池の負極材料として有望であり、その開発が盛んに行なわれている。

【0006】 一方、負極に炭素材料を用いることに伴い、正極活物質としてはより高電圧を有し、かつLiを含む化合物である $LiCoO_2$ や $LiNiO_2$ 、更にはこれらのCoおよびNiの一部を他元素で置換した複合酸化物を用いることが提案されている。しかしながら、かかる非水系電池においては高エネルギー密度が得られるものの、水系電池に比べ高出力密度を得ることは困難である。これは電解液のイオン電導度に起因するところが大きく、非水電解液では水溶液に比べそのイオン電導度は100分の1以下であるのが現状である。

【0007】 これらの問題点を解決するための方法として電極面積を大きくする、即ち薄形で大面積の極板を用いることが考えられる。とりわけ、集電体である金属箔に電極活物質を溶液に分散させたペーストを塗着、乾燥するといった製造法がよく知られており、比較的容易に薄形、大面積の極板を得ることが可能である。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 前述のような電極製造法において、黒鉛粉末を溶液に分散させたペーストを集電体である銅箔の両面に塗着、乾燥するといった手法により負極板を製造した場合、薄形、大面積の極板を得ることは容易であるが、そのバインダーの負極黒鉛材および集電体に与える影響が極めて大きい。バインダーとして一般によく用いられているテフロンなどのフッ素系有機重合体を用いた場合、合剤間の結着力は強力であるが、合剤と集電体である銅箔との結着強度が弱く集電性に乏しくなる。そして電池を構成した場合、充放電においてそのサイクル特性や高温保存特性において満足のいく結果が得られていない。

【0009】 一方、非フッ素系のバインダー、例えばスチレン/ブタジエン共重合体などを用いることが特開平4-51459号に開示されているが、この場合、銅箔との結着性はよく、容易に極板を得ることが可能であるが、合剤間の結着力はフッ素系バインダーに比べると弱く、充放電に伴う負極黒鉛材の膨張、収縮に伴って合剤

強度の劣化を引き起こし、結果としてサイクル特性や高温保存特性を満足することができない。

【0010】また、充放電に伴う負極黒鉛の膨張および収縮による合剤強度の低下は、用いる黒鉛の黒鉛化の度合と密接な関係がある。比較的低結晶性の炭素材を用いた場合、黒鉛層構造が未発達でありその面間隔が大きいために、リチウムの挿入に伴う層間の膨張はほとんど見られない。従って、充放電に伴う合剤強度の低下は非常に少なく上述のような非フッ素系バインダーを使用することで目的とする負極板を得ることができる。しかしながら、このような低結晶性の炭素材では層構造が未発達であることからインターカレートし得るリチウムの量が少なく、 $100 \sim 150 \text{ mAh/g}$ 程度の容量しか得ることができない。また放電時の負極の電位が貴な電位となるために電池電圧が低くなり高容量、高エネルギー密度の電池を得ることは困難となる。そこで本発明者らはより高容量化を目指し負極炭素材の物性に注目した結果、より黒鉛層構造の発達した黒鉛材料を負極に使用することにした。その結果、インターカレーションし得るリチウム量の増加を達成し高容量、高エネルギー密度化が可能となったが、一方で前述のような充放電に伴う黒鉛の膨張および収縮を引き起こすために合剤強度の低下が見られるようになり主にサイクル特性に課題を残す結果となった。

【0011】

【課題を解決するための手段】これらの課題を解決するために、本発明の非水電解液二次電池用黒鉛電極は黒鉛粉末にバインダーとしてブタジエンを主体とした非フッ素系有機重合体とフッ素系有機重合体の混合分散剤を加え、ペースト状にした黒鉛合剤を銅箔の両面に塗着、乾燥することによって得られたものであって、前記混合分散剤中の固形成分が前記黒鉛粉末に対して重量比で3%~7%であることを特徴とする。

【0012】上記黒鉛材料としては特に限定されるものではないが、易黒鉛化性の炭素材、例えばコークス類、メソフェーズカーボン、熱分解炭素やメソフェーズピッチ系炭素繊維、気相成長系炭素繊維などの炭素繊維を2000℃以上の高温で熱処理を施し、黒鉛化したものや市販の人造黒鉛や天然黒鉛などが使用できる。その平均粒径は $1 \sim 20 \mu\text{m}$ のものが好ましく、炭素繊維は粉砕することによって同様に極板化することができる。

【0013】上記黒鉛粉末は、広角X線回折法による002面の面間隔( $d_{002}$ )が $3.36 \text{ \AA} \sim 3.40 \text{ \AA}$ であることが好ましい。

【0014】また、上記非フッ素系有機重合体は、ステレン/ブタジエン共重合体、アクリロニトリル/ブタジエン共重合体、ブタジエン共重合体からなる群から選ばれた少なくとも1つであることが好ましい。

【0015】また、上記フッ素系有機重合体は、四フッ化エチレン重合体、四フッ化エチレン六フッ化プロピレ

ン共重合体からなる群から選ばれた少なくとも1つであることが好ましい。

【0016】また、上記バインダー中のフッ素系有機重合体の占める割合は、その固形分の比率として重量比で20%~50%であることが好ましい。

【0017】20%未満では黒鉛合剤間の結着性において十分な効果が得られず、サイクル初期では問題はないが、200サイクルを越えたあたりからの容量劣化が顕著となる。逆に50%を越えた場合は銅箔との集電性が不十分となり、特に充電状態での高温保存性において容量維持率が低くなる結果となる。

【0018】また、加えるバインダーは、フッ素系、非フッ素系共に微粒子の粉末を溶液に分散させた状態で使用することが好ましく、分散剤としては水溶液であっても非水溶媒であってもかまわないが、製造工程上水溶液である方が極板化が容易である。

【0019】また、黒鉛合剤をペースト化するに際して、例えばカルボキシメチルセルロースなどの増粘剤を若干量加えることもできる。

【0020】また、本発明の非水電解液二次電池は前記非水電解液二次電池用黒鉛電極からなる負極と、非水電解液と、リチウム含有酸化物からなる正極とを備えたことを特徴とする。

【0021】上記電解液としては従来より公知のものが使用できるが、黒鉛材料を負極に使用した場合、プロピレンカーボネート（以下PCと略す）は充電時に分解反応を起こしガス発生を伴う傾向があるために好ましくなく、同様な環状カーボネートであるエチレンカーボネート（以下ECと略す）がPCの場合のような副反応をほとんど伴わないために適していると言える。しかしながら、ECは非常に高融点であり常温では固体であるために単独溶媒での使用は困難である。従って、低融点で且つ低粘性の溶媒である1,2-ジメトキシエタンやジエチルカーボネート（以下DECと略す）、更にはプロピオン酸メチル（以下MPと略す）などの脂肪族カルボン酸エステルを混合した混合溶媒を用いることが好ましい。また、これらの溶媒に溶解するLiの塩としては六フッ化リン酸リチウム、ホウフッ化リチウム、六フッ化ヒ酸リチウム、過塩素酸リチウムなど従来より公知のものがいずれも使用できる。

【0022】一方、正極にはリチウムイオンを含む化合物である $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、 $\text{LiFeO}_2$ 、 $\text{LiMnO}_2$ などが使用可能である。上記複合酸化物は、例えばリチウムやコバルトの炭酸塩あるいは酸化物を原料として、目的組成に応じてこれらを混合し焼成することによって容易に得ることができる。勿論他の原料を用いた場合においても同様に合成できる。中でも $\text{LiCoO}_2$ が充放電可能容量が最も大きく、且つ上記電解液中において化学的に安定である。通常その焼成温度は $650^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$ の間に設定される。

## 【0023】

【作用】前述のようなペーストタイプの黒鉛合剤によって薄形で大面積の黒鉛電極を得る場合、そのバインダーとしてブタジエンを主体とした非フッ素系有機重合体とフッ素系有機重合体の混合分散剤を加えることによって、両者の特長を生かし、合剤間の結着力を保つと共に集電体である銅箔との集電性も良好で強固な極板を得ることが可能となる。

【0024】但し、加えるバインダーの比率が重用であり、混合分散剤中の固形成分が黒鉛粉末に対して重量比で3%~7%であることが必要である。3%未満では合剤間の結着性が不十分となり、サイクル特性、特に急速充放電特性において容量劣化が顕著となる。一方、7%を越えた場合は黒鉛合剤の充填密度が低下し、負極の充放電深度が大きくなりサイクル特性に影響を与える。また、極板の導電率の低下が見られ電池の内部抵抗が増加し、ハイレートの充放電特性が劣る結果となる。

## 【0025】

【実施例】以下、実施例により本発明を詳しく述べる。

(実施例1) 図1に本実施例で用いた円筒形電池の縦断面図を示す。図において、1は耐有機電解液性のステンレス鋼板を加工した電池ケース、2は安全弁を設けた封口板、3は絶縁パッキングを示す。4は極板群であり、正極および負極がセパレータを介して複数回渦巻状に巻回されてケース1内に収納されている。そして上記正極からは正極リード5が引き出されて封口板2に接続され、負極からは負極リード6が引き出されて電池ケース1の底部に接続されている。7は絶縁リングで極板群4の上下部にそれぞれ設けられている。以下、正、負極板等について詳しく説明する。

【0026】正極は $\text{Li}_2\text{CO}_3$ と $\text{Co}_3\text{O}_4$ とを混合し、900℃で10時間焼成して合成した $\text{LiCoO}_2$ の粉末100重量部に、アセチレンブラック3重量部、ポリ四フッ化エチレンジスパーション(ダイキン工業社製 D-1、固形分60重量%)を固形分比率で7重

量部混合し、カルボキシメチルセルロース水溶液に懸濁させてペースト状にした。このペーストを厚さ0.03mmのアルミ箔の両面に塗着し、乾燥後圧延して厚さ0.17mm、幅40mm、長さ250mmの極板とした。

【0027】負極にはピッチの炭素化過程で生成するメソフェーズ小球体を原料としたメソカーボンマイクロビーズ(以下MCMBと略す)を2800℃で熱処理を施し黒鉛化した材料( $d_{002}=3.37\text{\AA}$ )100重量部にスチレン/ブタジエンゴムディスパーション(日本合成ゴム株式会社製 SBR、固形分48重量%)とポリ四フッ化エチレンジスパーション(ダイキン工業社製 D-1、固形分60重量%)とを表1に示す混合比率で混合し、カルボキシメチルセルロース水溶液に懸濁させてペースト状にした。そしてこのペーストを厚さ0.02mmの銅箔の両面に塗着し、乾燥後圧延して厚さ0.20mm、幅42mm、長さ270mmの極板とした。

【0028】そして正、負極板それぞれにリードを取り付け、厚さ0.025mm、幅46mm、長さ730mmのポリエチレン製セパレータを介して渦巻状に巻回し、直径14.0mm、高さ50mmの電池ケースに納入した。電解液にはECとDECとMPを20:40:40の体積比で混合した溶媒に1モル/リットルの $\text{LiPF}_6$ を溶解したものをを用い、これを注液した後封口し、試験電池とした。

【0029】試験電池の評価は充電電圧4.1V、充電時間1時間とした定電圧充電を行い、制限電流を600mAとした。放電は放電電流500mA、放電終止電圧3.0Vの定電流放電を行い、20℃の環境下でサイクル試験を行なった。そのサイクル特性の比較を図2に示す。

## 【0030】

【表1】

電池	SBR (固形分重量%)	ポリ四フッ化エチレン 樹脂(固形分重量%)
電池A	5	0
電池B	3	3
電池C	3	2
電池D	2	3
電池E	0	5
電池F	1	1
電池G	5	3

【0031】図2のサイクル特性の結果より、SBRのみを使用した電池Aおよびポリ四フッ化エチレン樹脂のみを使用した電池Eでは共に特性が不十分であり、これはそれぞれが合剤間の結着力と合剤／集電体間の結着力の双方を満足できていないことによるものと考えられる。したがって、結着剤としてはSBRとポリ四フッ化エチレン樹脂の双方を用いることが必要であると言える。しかしながら、電池Fにおいては総結着剤量が少ないために結着力が不十分となりサイクル特性を満足できない。逆に電池Gでは総結着剤が多すぎるために負極の分極が大きくなり、電池容量が低下する結果となった。電池B、電池Cおよび電池Dは共に高容量を有し比較的良好なサイクル特性を与えることができたが、約200サイクル以上でサイクル特性に差が見られるようになり、バインダー中のポリ四フッ化エチレン樹脂の比率が\*

\*50%以下と少ない方がサイクル後期の特性が良好であると言える。したがって、両者のバインダーの比率も重要な因子であると言える。

【実施例2】負極の炭素材料に表2に示す熱処理温度の異なる石油コークスを選択し、それぞれバインダーとしてアクリロニトリル／ブタジエンゴムディスパーション（日本合成ゴム株式会社製 NBR、固形分40重量%）を3重量%、ポリ四フッ化エチレン／六フッ化プロピレンディスパーション（ダイキン工業社製 ND-1、固形分50重量%）を2重量%混合し、それ以外は実施例1と全く同様に電池を構成し同様な充放電試験を行なった。それぞれの10サイクル目の放電曲線の比較を図3に示した。

【0032】

【表2】

電池	熱処理温度	d002 / Å
電池H	1000℃	3.50
電池I	1800℃	3.42
電池J	2200℃	3.40
電池K	2800℃	3.36

【0033】図3より、熱処理温度の低い石油コークスを用いた電池HおよびIでは放電容量が小さくなるのがわかる。これはこれらの温度領域では黒鉛化が十分に進んでおらず、層構造が未発達であることからインターカレートし得るリチウム量が制限されることによると考えられる。また、特に電池Hでは放電電圧の勾配が大きく、平均電圧が低くなる傾向にあると言える。これも負極の黒鉛化の度合いに依存する。したがって、より高容量、高電圧の電池を得るためには負極黒鉛材の熱処理温度、言い換えれば黒鉛化の度合いが非常に重要であり、002面の面間隔（d002）が3.40Å以下であることが好ましい。

【0034】なお、本実施例1および2では正極にLiCoO<sub>2</sub>を用いたが、上述の他のリチウム含有酸化物を用いた場合も若干の容量の差は見られるもののほぼ同様な効果が得られた。

【0035】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、黒鉛粉末にバインダーとしてブタジエンを主体とした非フッ素

系有機重合体とフッ素系有機重合体の混合分散剤を加え、その固形成分が黒鉛粉末に対して重量比で3%~7%とした塗着式の電極を負極に使用することによって、高容量、高エネルギー密度を有し、サイクル特性にも優れた非水電解液二次電池を提供することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例における円筒形電池の縦断面図

【図2】実施例1におけるサイクル特性の比較を示す図

【図3】実施例2における放電曲線の比較を示す図

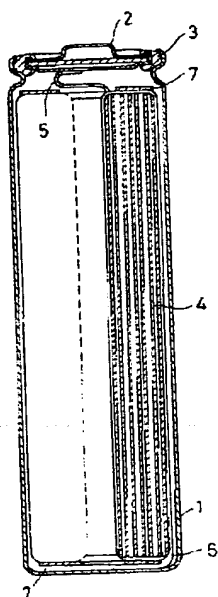
【符号の説明】

- 1 電池ケース
- 2 封口板
- 3 絶縁パッキング
- 4 極板群
- 5 正極リード
- 6 負極リード
- 7 絶縁リング

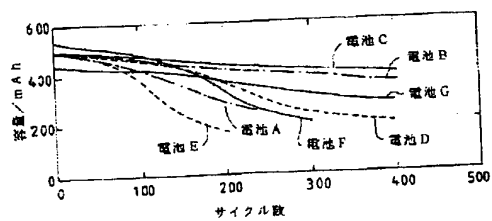
(6)

特開平6-215761

【図1】



【図2】



【図3】

